

**PATENT**  
**(Docket No. 01078)**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of:

Edeltraud Haemeister et al.

Serial No.: Unknown

Filed: herewith

For: TAYLOR REACTOR FOR  
SUBSTANCE TRANSFORMATION

Group Art Unit: Unknown

Examiner: Unknown

I hereby certify that the attached correspondence is being deposited with the United States Postal Service in an envelope as "Express Mail Post Office to Addressee" Mailing Label No. **ED 915 876 592 US**, addressed to Box PCT, Commissioner for Patents, P.O. BOX 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450, on the date shown below.

April 14, 2005

Date

  
Marjorie Ellis

**BOX PCT**  
**Commissioner for Patents**  
**PO Box 1450**  
**Alexandria, VA 22313-1450**

☒ Copy of cover sheet from the PCT Published Application

PATENT  
(Docket No. 01078)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Edeltraud Haemeister et al.

Serial No.: Unknown

Filed: herewith

For: TAYLOR REACTOR FOR  
SUBSTANCE TRANSFORMATION

Group Art Unit: Unknown

Examiner: Unknown

I hereby certify that the attached correspondence is being deposited with the United States Postal Service in an envelope as "Express Mail Post Office to Addressee" Mailing Label No. **ED 915 876 592 US**, addressed to Box PCT, Commissioner for Patents, P.O. BOX 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450, on the date shown below.

April 14, 2005

Date

  
Marjorie Ellis

BOX PCT  
Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

☒ German Text Application

Specification on  pages;  
the abstract on  page(s);

claims on  
drawings on

pages;  
 page(s) with 6 Figures

### Taylorreaktor für Stoffumwandlungen

- Die vorliegende Erfindung betrifft einen Taylorreaktor für physikalische und/oder chemische Stoffumwandlungen, in deren Verlauf eine Erhöhung der Viskosität des Reaktionsmediums eintritt. Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein neues Verfahren zur Stoffumwandlung mittels des Taylorreaktors sowie die Verwendung der nach dem neuen Verfahren hergestellten Stoffe.
- 10 Taylorreaktoren, die der Umwandlung von Stoffen unter den Bedingungen der Taylor-Wirbelströmung dienen, sind seit langem bekannt. Sie bestehen in ihrer ursprünglichen Ausführungsform aus zwei koaxialen, konzentrisch angeordneten Zylindern, von denen der äußere feststehend ist und der innere rotiert. Als Reaktionsraum dient das
- 15 Volumen, das zwischen der inneren Umfangsfläche des äußeren Zylinders und der äußeren Umfangsfläche des inneren Zylinders gebildet wird. Mit zunehmender Winkelgeschwindigkeit des inneren Zylinders treten eine Reihe unterschiedlicher Strömungsformen auf, die durch eine dimensionslose Kennzahl, die sogenannte Taylor-Zahl  $Ta$ , charakterisiert
- 20 sind. Die Taylor-Zahl ist zusätzlich zur Winkelgeschwindigkeit des den Rotor bildenden inneren Zylinders auch noch abhängig von der kinematischen Viskosität des Fluids im Reaktionsvolumen und von den geometrischen Parametern, dem äußeren Radius des Innenzylinders  $R_i$ , dem inneren Radius des Außenzylinders, gemäß der folgenden Formel:

25

$$Ta = \omega_i r_i d \nu^{-1} (d/r_i)^{1/2} \quad (I)$$

mit  $d = r_a - r_i$ .

- Bei niedriger Winkelgeschwindigkeit bildet sich die laminare Couette-Strömung, eine einfache Scherströmung, aus. Wird die Rotationsgeschwindigkeit des Innenzylinders weiter erhöht, treten
- 30

oberhalb eines kritischen Werts abwechselnd entgegengesetzt rotierende (kontrarotierende) Wirbel mit Achsen längs der Umfangsrichtung auf. Diese sogenannten Taylor-Wirbel sind rotationssymmetrisch, besitzen die geometrische Form eines Torus  
5 (Taylor-Wirbelringe) und haben einen Durchmesser, der annähernd so groß ist wie die Spaltbreite. Zwei benachbarte Wirbel bilden ein Wirbelpaar oder eine Wirbelzelle.

Dieses Verhalten beruht darauf, dass bei der Rotation des Innenzylinders mit ruhendem Außenzylinder die Fluidpartikel nahe des Innenzylinders  
10 einer stärkeren Zentrifugalkraft ausgesetzt sind als diejenigen, die weiter vom inneren Zylinder entfernt sind. Dieser Unterschied der wirkenden Zentrifugalkräfte drängt die Fluidpartikel vom Innen- zum Außenzylinder. Der Zentrifugalkraft wirkt die Viskositätskraft entgegen, da bei der  
15 Bewegung der Fluidpartikel die Reibung überwunden werden muß. Nimmt die Rotationsgeschwindigkeit zu, dann nimmt auch die Zentrifugalkraft zu. Die Taylor-Wirbel entstehen, wenn die Zentrifugalkraft größer als die stabilisierende Viskositätskraft wird.

20 Wird der Taylorreaktor mit einem Zu- und Ablauf versehen und kontinuierlich betrieben, resultiert eine Taylor-Wirbelströmung mit einem geringen axialen Strom. Dabei wandert jedes Wirbelpaar durch den Spalt, wobei nur ein geringer Stoffaustausch zwischen benachbarten Wirbelpaaren auftritt. Die Vermischung innerhalb solcher Wirbelpaare ist  
25 sehr hoch, wogegen die axiale Vermischung über die Paargrenzen hinaus nur sehr gering ist. Ein Wirbelpaar kann daher als gut durchmischter Rührkessel betrachtet werden. Das Strömungssystem verhält sich somit wie ein ideales Strömungsrohr, indem die Wirbelpaare mit konstanter Verweilzeit wie ideale Rührkessel durch den Spalt  
30 wandern.

Ändert sich aber die Viskosität  $\nu$  des Fluids mit fortschreitender Umwandlung in axialer Durchflussrichtung so stark, wie dies bei der Polymerisation in Masse der Fall ist, verschwinden die Taylor-Wirbel oder bleiben ganz aus. Im Ringspalt ist dann noch die Couette-  
5 Strömung, eine konzentrische, laminare Schichtenströmung, zu beobachten. Hier kommt es zu einer unerwünschten Veränderung der Durchmischungs- und Strömungsverhältnisse im Taylorreaktor. Er weist in diesem Betriebszustand Strömungscharakteristika auf, die denen des laminar durchströmten Rohres vergleichbar sind, was ein erheblicher  
10 Nachteil ist. So kommt es beispielsweise bei der Polymerisation in Masse zu einer unerwünscht breiten Molmassenverteilung und chemischen Uneinheitlichkeit der Polymerisate. Außerdem können aufgrund der schlechten Reaktionsführung erhebliche Mengen an Restmonomeren resultieren, welche dann aus dem Taylorreaktor ausgetragen werden  
15 müssen. Es kann aber auch zur Koagulation und Ablagerung von Polymerisaten kommen, was unter Umständen sogar zum Verstopfen des Reaktors oder des Produktauslasses führen kann. Insgesamt können nicht mehr die gewünschten Produkte, wie etwa Polymerisate mit vergleichsweise enger Molmassenverteilung, erhalten werden, sondern  
20 nur solche, die in ihrem Eigenschaftsprofil den Anforderungen nicht entsprechen.

Aus der DE 198 28 742 A1 ist ein Taylorreaktor bekannt, bei dem zur Lösung dieser Probleme

25

a) eine äußere Reaktorwand und ein hierin befindlicher konzentrisch angeordneter Rotor, ein Reaktorboden und ein Reaktordeckel, welche zusammen das ringspaltförmige Reaktionsvolumen definieren,

30

b) mindestens eine Vorrichtung zur Zudosierung von Edukten sowie

c) eine Vorrichtung für den Produktablauf

5 vorgesehen sind, wobei sich das ringspaltförmige Reaktionsvolumen in Durchflussrichtung verbreitert, insbesondere konisch verbreitert. Dadurch vermag der bekannte Taylorreaktor das Problem der Aufrechterhaltung der Taylorströmung bei starker Erhöhung der kinematischen Viskosität  $\nu$  im Reaktionsmedium im wesentlichen zu lösen.

10 Bei diesem bekannten Taylorreaktor wird das ringspaltförmige Reaktionsvolumen durch den konzentrisch angeordneten Rotor, den Reaktorboden und den Reaktordeckel definiert. Dies bedingt, dass der Produktauslass seitlich am Taylorreaktor oder im Reaktordeckel angeordnet werden muss und nicht kantenlos gestaltet werden kann. Mit  
15 dieser Konfiguration kann aber ein störungsfreier Produktauslass nur schlecht realisiert werden.

Wegen des nachteiligen Zusammenwirkens von Strömung und geometrischer Konfiguration vermag der bekannte Taylorreaktor zum  
20 einen noch nicht alle sicherheitstechnischen und verfahrenstechnischen Probleme, die bei der Polymerisation in Masse auftreten, zu lösen und zum anderen ist es noch nicht möglich, den Umsatz der Monomeren so weit zu erhöhen, dass eine weitgehende Monomerfreiheit und eine enge Molekulargewichtverteilung und Uneinheitlichkeit des Molekulargewichts  
25 der Polymerisate erzielt wird.

Das Problem einer nicht ausreichenden Durchmischung der Edukte kann zwar bis zu einem gewissen Umfang durch die Vorschaltung eines Mischaggregats vor den Zulauf der Edukte gelöst werden, wie dies in der  
30 deutschen Patentanmeldung DE 199 60 389 A1 beschrieben wird, indes

treten die vorstehend geschilderten Probleme bei der Polymerisation in Masse nach wie vor auf.

5 Aus dem amerikanischen Patent US 4,174,097 ist ein Taylorreaktor bekannt, bei dem der Rotor im Einlassbereich der Edukte drehbar gelagert ist. Der Rotor ist an seinem anderen Ende nicht gelagert, sondern endet im wesentlichen vor dem Auslassbereich, der an seiner breitesten Stelle denselben Durchmesser wie die äußere Reaktorwand hat. Der Auslassbereich verengt sich trichterförmig zu einem  
10 Auslassrohr. Der bekannte Taylorreaktor dient dem Durchmischen von Flüssigkeiten von unterschiedlicher Viskosität und elektrischer Leitfähigkeit. Ausserdem kann er der Umsetzung von Polysocyanaten mit Polyolen dienen. Inwieweit er für die Polymerisation olefinisch ungesättigter Monomere in Masse eingesetzt werden kann, geht aus  
15 dem amerikanischen Patent nicht hervor.

Bei dem bekannten Taylorreaktor erfolgen die Durchführung der Antriebswelle durch den Reaktorboden und die Verbindung mit dem Rotor im Einlassbereich der Edukte. Allerdings verbreitert sich das  
20 ringspaltförmige Reaktionsvolumen nicht in Durchflussrichtung. Zwar wird in dem amerikanischen Patent in Spalte 10, Zeilen 29 bis 33, angegeben, dass die konzentrischen Teile auch andere Konfigurationen als zylindrische haben können, beispielsweise im wesentlichen sphärische oder konische, welche Konfigurationen für die Polymerisation  
25 in Masse von besonderem Vorteil sind, wird aber nicht gelehrt.

Zwar gelang es mit den ein sich in Durchflussrichtung verbreiterndes Reaktionsvolumen aufweisenden Taylorreaktoren, die monomeren Umsätze zu erhöhen und die Bildung von Gelteilchen zu reduzieren, bei  
30 der Herstellung von Polyacrylatharzen zeigten sich Polydispersitäten  $>3$ .

Umsätze >99 % konnten nur realisiert werden, wenn ein gewisser Gehalt an Acrylatmonomeren enthalten war.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es demnach, die  
5 Polydispersitäten bei gleichzeitiger Erhöhung der Umsätze zu reduzieren.

Diese Aufgabe wird durch die in den nebengeordneten Ansprüchen 1, 10  
und 13 wiedergegebenen Taylorreaktoren gelöst. Wenn im folgenden  
10 von "Taylorreaktor" die Rede ist, so soll damit zum Ausdruck gebracht werden, dass in Richtung der Rotationsachse des Rotors gesehen - mit anderen Worten: in Durchflussrichtung des Reaktionsmediums - zumindest über einen Teilbereich des Reaktionsvolumens Taylorwirbel während des Betriebes des Reaktors entstehen.

15 Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass mit einem Taylorreaktor, bei dem das Reaktorgehäuse und/oder der Rotor derart ausgestaltet sind, dass der Querschnitt des Reaktionsvolumens vom Einlass zum Auslass zumindest zunächst ansteigt, der Anstieg in Richtung des Auslasses -  
20 d.h. in Durchflussrichtung des Reaktionsmediums - zumindest über einen Teil der Länge des Rotors jedoch abnimmt, die Polydispersitäten deutlich reduziert werden können. Eine mögliche Erklärung für diesen Effekt ist die Reduzierung oder sogar Vermeidung von Kurzschlußströmungen an den das Reaktionsvolumen begrenzenden Rändern, die entstehen  
25 können, wenn die Taylorwirbel sich nicht bis zu den Rändern erstrecken. Unter "Kurzschlußstrom" ist somit ein Strom innerhalb des Reaktors in Durchflußrichtung der Reaktionsmedien unter teilweiser Umgehung des Mischprozesses und somit Reduzierung der Verweildauer im Reaktor, die zu geringeren Polymerisationsgraden führt, zu verstehen.



Versuche haben gezeigt, dass der erfindungsgemäß Taylorreaktor überraschenderweise für alle Stoffumwandlungen geeignet ist, bei denen sich die kinematische Viskosität  $\nu$  des Reaktionsmediums in Durchflussrichtung stark änderte.

5

Vor allem ist es überraschend, dass der erfindungsgemäße Taylorreaktor und das erfindungsgemäße Verfahren die radikalische, anionische und kationische (Co)Polymerisation, Pfropfmischpolymerisation und Blockmischpolymerisation (zusammenfassend » Polymerisation «  
10 genannt) von olefinisch ungesättigten Monomeren in Masse mit Umsätzen >70 Mol% gestattet. Noch mehr überrascht, dass Umsätze >98 Mol% problemlos erzielt werden können, ohne dass es in dem erfindungsgemäßen Taylorreaktor zur Bildung von störenden Gasblasen und/oder der Ablagerung und von (Co)Polymerisaten,  
15 Pfropfmischpolymerisaten und Blockmischpolymerisaten (zusammenfassend » Polymerisate « genannt) kommt.

Des weiteren überrascht, dass der erfindungsgemäße Taylorreaktor und das erfindungsgemäße Verfahren eine besonders sichere  
20 Reaktionsführung der Polymerisation in Masse gestattet, weswegen die Polymerisate sehr sicher, zuverlässig und reproduzierbar hergestellt werden können. Aufgrund der sehr niedrigen Monomergehalte der Polymerisate können sie ohne weitere Reinigung den unterschiedlichsten Anwendungszwecken zugeführt werden, ohne dass dabei  
25 sicherheitstechnische, verfahrenstechnische toxikologische und ökologische Probleme und Geruchsbelästigungen auftreten.

Der erfindungsgemäße Taylorreaktor umfasst vorzugsweise ein ringspaltförmiges Reaktionsvolumen, das vorzugsweise einen  
30 kreisförmigen Umfang hat. Das ring-

spaltförmige Reaktionsvolumen ist definiert durch bzw. wird gebildet von einer äußeren Reaktorwand sowie einem hierin konzentrisch angeordneten Rotor, der um die Rotationsachse rotierbar angeordnet ist.

- 5 Die äußere Reaktorwand und der Rotor weisen über die gesamte Länge des Reaktionsvolumens hinweg - im Querschnitt gesehen - einen kreisförmigen Umfang auf. Unter dem Begriff » kreisförmig « ist streng kreisförmig, oval, elliptisch oder mehr-eckig mit abgerundeten Ecken zu verstehen. Aus Gründen der einfacheren Herstellbarkeit, des einfachen
- 10 Aufbaus und der bedeutend einfacheren Aufrechterhaltung konstanter Bedingungen über die gesamte Länge des ringspaltförmigen Reaktionsvolumens hinweg ist ein streng kreisförmiger Umfang von Vorteil.
- 15 Die Innenwand der äußeren Reaktorwand und/oder die Oberfläche des Rotors kann glatt oder rauh sein, d.h. die betreffenden Flächen können eine geringe oder hohe Oberflächenrauigkeit haben. Zusätzlich oder alternativ hierzu kann die Innenwand der äußeren Reaktorwand und/oder die Oberfläche des Rotors ein reliefartiges radiales und/oder axiales,
- 20 vorzugsweise radiales, Oberflächenprofil aufweisen, wie es beispielsweise in dem amerikanischen Patent US 4,174,907 A oder dem britischen Patent GB 1 358 157 beschrieben wird. Ist ein radiales Oberflächenprofil vorhanden, ist es vorteilhafterweise in etwa oder genau so dimensioniert wie die Taylor-Wirbelringe.
- 25 Es ist jedoch von Vorteil, wenn die Innenwand der äußeren Reaktorwand und die Oberfläche des Rotors glatt und profillos sind, um tote Winkel, in denen sich Gasblasen oder Edukte, Prozessstoffe und Produkte absetzen könnten, zu vermeiden.

- Der erfindungsgemäße Taylorreaktor ist - in Längsrichtung gesehen - vertikal, horizontal oder in einer Lage zwischen diesen beiden Richtungen gelagert. Von Vorteil ist die vertikale Lagerung. Wenn der erfindungsgemäße Taylorreaktor nicht horizontal gelagert ist, kann ihn
- 5 das Reaktionsmedium entgegen der Schwerkraft von unten nach oben oder mit der Schwerkraft von oben nach unten durchströmen. Erfindungsgemäß ist es von Vorteil, wenn das Reaktionsmedium entgegen der Schwerkraft bewegt wird.
- 10 Durch Beeinflussung der Durchtrittsgeschwindigkeit des Reaktionsmediums durch den Reaktor durch Variation der Zuflussrate zum Einlass ist die Viskositätsentwicklung des Reaktionsmediums beeinflussbar. Der Reaktor ist daher für verschiedene Reaktionsgemische einsetzbar.
- 15 Erfindungsgemäß erfolgt die Abnahme des Anstiegs des Querschnitts des Reaktionsvolumens in Durchflussrichtung kontinuierlich oder diskontinuierlich, insbesondere kontinuierlich, nach geeigneten mathematischen Funktionen. Beispiele geeigneter mathematischer
- 20 Funktionen sind Geraden, mindestens zwei Geraden, die unter einem stumpfen Winkel aufeinander stoßen, Parabeln, Hyperbeln, e-Funktionen oder Kombinationen dieser Funktionen, die kontinuierlich oder diskontinuierlich, insbesondere kontinuierlich, ineinander übergehen. Vorzugsweise sind die mathematischen Funktionen Geraden, d.h. dass
- 25 sich der vorzugsweise ringspaltförmige Querschnitt des Reaktionsvolumens in Durchflussrichtung in einem ersten Abschnitt stärker konstant verbreitert als in einem zweiten Abschnitt, in dem der Querschnitt sich weniger vergrößert, vorzugsweise konstant ist. Das Ausmaß der Vergrößerung richtet sich nach dem erwarteten Anstieg der
- 30 Viskosität des Reaktionsmediums in Durchflussrichtung und kann vom

Fachmann anhand der Taylorformel I abgeschätzt und/oder anhand einfacher Vorversuche ermittelt werden.

Bei der Vergrößerung des Querschnitts des ringspaltförmigen Reaktionsvolumens können die äußere Reaktorwand zylinderförmig und der Rotor konisch geformt sein, wobei der Rotor einlassseitig den größten Durchmesser hat. Alternativ können die äußere Reaktionswand konisch geformt und der Rotor zylinderförmig sein, d.h. dass sein Querschnitt über die gesamte Rotorlänge hinweg konstant ist. Erfindungsgemäß ist es von Vorteil, wenn die äußere Reaktorwand in einem ersten einlassseitigen Bereich konisch und in einem zweiten Bereich zylindrisch geformt und der Rotor zylinderförmig ist.

Ist der Auslass axial angeordnet, d.h. mündet er in das Reaktionsvolumen in Richtung der Drehachse des Rotors, so bewirkt die Zufuhr der Edukte und/oder der Prozessstoffe die Strömung in dem Reaktionsvolumen in Richtung des Auslasses und durch den Auslass.

Bei einer weiteren konstruktiven Gestaltung eines Taylorreaktors wird auch die Strömung um die Drehachse als Triebkraft zur Abfuhr für die Reaktionsprodukte genutzt, in dem der Auslass radial beabstandet von der Drehachse in das Rotationsvolumen mündet.

Die Einmündung kann in beliebigen Winkeln zwischen der Drehachse und der durch den Auslass definierten Auslasslinie erfolgen. Bevorzugt ist es jedoch, wenn Auslasslinie und Drehachse einen Winkel zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  bilden, d.h. der Auslass quer zur Drehachse in das Rotationsvolumen einmündet.

Insbesondere dann, wenn der Auslass etwa senkrecht zur Drehachse im Einmündungsbereich verläuft, wird der Anteil der Strömung um die

Drehachse an der Treibkraft zur Abfuhr der Reaktionsprodukte maximal. Es ist dann von Vorteil, das dem Auslass benachbarte Ende nach der Art eines Pumpenrotors auszubilden, um einen möglichst starken Strom um die Drehachse in diesen Bereich zu erzeugen.

5

Dies ist ohne negative Auswirkungen auf den Reaktionsvorgang in den Reaktor möglich, da hier aufgrund der hohen Viskosität und des bereits erzielten Stoffumsatzes von ca. 99 % Taylorwirbel bzw. Reaktionsvorgänge nicht mehr erforderlich sind.

10

Im engsten Bereich des ringspaltförmigen Reaktionsvolumens befindet sich oberhalb des Reaktorbodens mindestens ein Zulauf für die Edukte, insbesondere für die olefinisch ungesättigten Monomere, sowie für geeignete Prozessstoffe, wie Katalysatoren und Initiatoren. Der Zulauf kann seitlich angeordnet oder durch den Reaktorboden gehen. Vorzugsweise sind mindestens zwei Zuläufe vorhanden, die seitlich angeordnet sind und/oder durch den Reaktorboden gehen. Gegebenenfalls können in Durchflussrichtung weitere Zuläufe vorgesehen sein, durch die weitere Edukte, Katalysatoren oder Initiatoren zudosiert werden können, so dass die Stoffumwandlungen, insbesondere die Polymerisation, mehrstufig durchgeführt werden können.

15

20

Die Edukte können dem Zulauf mit Hilfe üblicher und bekannter Verfahren und Vorrichtungen, wie Dosierpumpen, zugeführt werden. Die Vorrichtungen können mit Hilfe üblicher und bekannter mechanischer, hydraulischer, optischer und elektronischer Mess- und Regelvorrichtungen ausgestattet sein. Außerdem kann dem Zulauf eine der Mischvorrichtungen, wie sie beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 199 60 389 A1, Spalte 4, Zeile 55, bis Spalte 5, Zeile 34, beschrieben werden, vorgeschaltet sein.

25

30

Bei dem erfindungsgemäßen Taylorreaktor gemäß Anspruch 10 ist ein Auslassbereich vorgesehen, der sich in Durchflussrichtung zu einem Produktablauf hin verjüngt.

5

Das stirnseitige, dem Auslass zugewandte Ende des Rotors ist derart ausgebildet, dass das Reaktionsvolumen zumindest im wesentlichen totvolumenfrei in dem Produktionsablauf mündet.

- 10 Der Auslassbereich und der Produktablauf sind durch die äußere Reaktorwand definiert.

- Die Verjüngung des Auslassbereichs kann durch die vorstehend aufgeführten mathematischen Funktionen beschrieben werden, wobei  
15 Geraden bevorzugt sind. Demgemäß verjüngt sich der Auslassbereich vorzugsweise konisch. Dann ist das stirnseitige Ende des Rotors vorzugsweise kegelförmig ausgebildet, um - wie bevorzugt - zu erreichen, dass in Richtung der Achse der Querschnitt des Auslassbereichs im wesentlichen konstant ist. Hierdurch wird bewirkt,  
20 dass Totvolumina vermieden werden, gleichzeitig aber kein nachteiliger Staudruck entsteht.

- Die Reaktorwand im Einlassbereich, im Bereich des ringspaltförmigen Reaktionsvolumens und im Auslassbereich sowie der Zulauf oder die  
25 Zuläufe und der Produktablauf können mit einem Heiz- oder Kühlmantel ausgerüstet sein, so dass sie im Gleich- oder im Gegenstrom geheizt oder gekühlt werden können. Des weiteren kann der erfindungsgemäß Taylorreaktor übliche und bekannte mechanische, hydraulische, optische und elektronische Mess- und Regelvorrichtungen, wie Temperaturfühler,  
30 Druckmesser, Durchflussmesser, optische oder elektronische Sensoren und Vorrichtungen zur Messung von Stoffkonzentrationen, Viskositäten

und anderen physikalisch chemischen Größen enthalten, die ihre Messwerte an eine Datenverarbeitungsanlage weiterleiten, die den gesamten Verfahrensablauf steuert.

- 5 Vorzugsweise ist der erfindungsgemäße Taylorreaktor druckdicht ausgelegt, so dass das Reaktionsmedium vorzugsweise unter einem Druck von 1 bis 100 bar stehen kann. Der erfindungsgemäße Taylorreaktor kann aus den unterschiedlichsten Materialien bestehen, solange diese von den Edukten und den Reaktionsprodukten nicht  
10 angegriffen werden und höherem Druck standhalten. Vorzugsweise werden Metalle, vorzugsweise Stahl, insbesondere Edelstahl, verwendet.

- Der erfindungsgemäße Taylorreaktor kann den unterschiedlichsten Verwendungszwecken zugeführt werden. Vorzugsweise wird er für  
15 Stoffumwandlungen verwendet, bei denen sich die kinematische Viskosität  $\nu$  im Reaktionsmedium in Durchflussrichtung erhöht.

- Beispiele für Stoffumwandlungen, die in dem erfindungsgemäßen Taylorreaktor mit besonderen Vorteilen durchgeführt werden können,  
20 sind der Aufbau oder Abbau oligomerer und hochmolekularer Stoffe, wie z. B. die Polymerisation von Monomeren in Masse, Lösung, Emulsion oder Suspension oder durch Fällungspolymerisation.

Weitere Beispiele für solche Stoffumwandlungen sind

- 25  
- polymeranaloge Reaktionen, wie die Veresterung, Amidierung oder Urethanisierung von Polymeren, welche Seitengruppen enthalten, die für solche Reaktionen geeignet sind,  
- die Herstellung olefinisch ungesättigter, mit Elektronenstrahlen  
30 oder ultraviolettem Licht härtbaren Materialien,

- die Herstellung von Polyurethanharzen und modifizierten Polyurethanharzen wie acrylierten Polyurethanen,
- die Herstellung von (Poly)Harnstoffen oder modifizierten (Poly)Harnstoffen,
- 5 - der Molekulargewichtsaufbau von Verbindungen, welche mit Isocyanatgruppen terminiert sind,
- oder Reaktionen, welche zur Bildung von Mesosphasen führen, wie sie beispielsweise von Antonietti und Göltner in dem Artikel "Überstruktur funktioneller Kolloide: eine Chemie im Nanometerbereich" in Angewandte Chemie, Band 109, 1997, 10 Seiten 944 bis 964, oder von Ober und Wengner in dem Artikel "Polyelectrolyte-Surfactant Complexes in the Solid State: Facile Building Blocks for Self-Organizing Materials" in Advanced Materials, Band 9, Heft 1, 1997, Seiten 17 bis 31, beschrieben werden.
- 15

Mit ganz besonderem Vorteil wird das erfindungsgemäße Verfahren für die Polymerisation von olefinisch ungesättigten Monomeren in Masse angewandt, weil hierbei die besonderen Vorteile des erfindungsgemäßen  
20 Taylorreaktors besonders offen zu Tage treten.

So wird der erfindungsgemäße Taylorreaktor besonders bevorzugt für die Herstellung von chemisch einheitlich zusammengesetzten Polymerisaten und Copolymerisaten verwendet. Bei der  
25 Copolymerisation kann das schneller polymerisierende Comonomere oder können die schneller polymerisierenden Comonomeren über in axialer Richtung hintereinander angeordnete Zuläufen zudosiert werden, so dass das Comonomerenverhältnis über die gesamte Länge des Reaktors hinweg konstant gehalten werden kann.



Auch für die Pfropfmischpolymerisation wird der Taylorreaktor mit besonderem Vorteil verwendet.

- 5 Hierbei kann das sogenannte Backbone-Polymerisat separat hergestellt und über einen separaten Zulauf oder im Gemisch mit mindestens einem Monomeren in den erfindungsgemäßen Taylorreaktor eindosiert werden.

- 10 Das Backbone-Polymerisat kann aber auch in einem ersten Teilstück des erfindungsgemäßen Taylorreaktors hergestellt werden, wonach über mindestens einen weiteren, in axialer Richtung versetzten Zulauf mindestens ein Monomer, welches die Pfropfäste bildet, zudosiert wird. Das Monomer kann oder die Comonomeren können dann in mindestens einem weiteren Teilstück des erfindungsgemäßen Taylorreaktors auf das Backbone-Polymerisat aufgepfropft werden. Sofern mehrere
- 15 Comonomere verwendet werden, können sie einzeln über jeweils einen Zulauf oder als Gemisch durch einen Zulauf oder mehrere Zuläufe zudosiert werden. Werden mindestens zwei Comonomere einzeln und nacheinander durch mindestens zwei Zuläufe zudosiert, gelingt sogar die Herstellung von Pfropfästen, welche für sich selbst gesehen
- 20 Blockmischpolymerisate sind, in besonders einfacher und eleganter Weise.

Selbstverständlich kann dieses vorstehend beschriebene Konzept auch der Herstellung von Blockmischpolymerisaten als solchen dienen.

- 25 In analoger Weise kann mit Hilfe des erfindungsgemäßen Taylorreaktors die Herstellung von Kern-Schale-Latices besonders einfach und elegant verwirklicht werden. So wird zunächst im ersten Teilstück des erfindungsgemäßen Taylorreaktors der Kern durch Polymerisation
- 30 mindestens eines Monomeren hergestellt. Über mindestens einen weiteren Zulauf wird mindestens ein weiteres Comonomer zudosiert und

die Schale in mindestens einem weiteren Teilstück auf den Kern aufpolymerisiert. In dieser Weise können mehrere Schalen auf den Kern aufgebracht werden.

- 5 Auch die Herstellung von Polymerdispersionen kann mit Hilfe des erfindungsgemäßen Taylorreaktors erfolgen. Beispielsweise wird mindestens ein Monomer in homogener Phase, insbesondere in Lösung, in einem ersten Teilstück des erfindungsgemäßen Taylorreaktors (co)polymerisiert, wonach über mindestens eine weitere Vorrichtung ein
- 10 Fällungsmittel zudosiert wird, wodurch die Polymerdispersion resultiert.

Bei allen Anwendungen weist der erfindungsgemäße Taylorreaktor den besonderen Vorteil einer großen spezifischen Kühlfläche auf, die eine besonders sichere Reaktionsführung gestattet.

15

- Ganz besonders bevorzugt wird der erfindungsgemäße Taylorreaktor für die kontinuierliche Herstellung von (Co)Polymerisaten, Blockmischpolymerisaten und Ppropmischpolymerisaten durch die radikalische, anionische oder kationische, insbesondere radikalische,
- 20 (Co)Polymerisation, Blockmischpolymerisation oder Ppropmischpolymerisation (Polymerisation) mindestens eines olefinisch ungesättigten Monomeren in Masse nach dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet.

- 25 Beispiele geeigneter Monomeren, welche für das erfindungsgemäße Verfahren in Betracht kommen, sind acyclische und cyclische, gegebenenfalls funktionalisierte Monoolefine und Diolefine, vinylaromatische Verbindungen, Vinylether, Vinylester, Vinylamide, Vinylhalogenide, Allylether und Allylester, Acrylsäure, und
- 30 Methacrylsäure und deren Ester, Amide und Nitrile und Maleinsäure,

Fumarsäure und Itaconsäure und deren Ester, Amide, Imide und Anhydride.

- 5 Beispiele geeigneter Monoolefine sind Ethylen, Propylen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten, 1-Octen, Cyclobuten, Cyclopenten, Dicyclopenten und Cyclohexen.

Beispiele geeigneter Diolefine sind Butadien, Isopren, Cyclopentadien und Cyclohexadien.

10

Beispiele geeigneter vinylaromatischer Verbindungen sind Styrol, alpha-Methylstyrol, 2-, 3- und 4-Chlor-, -Methyl-, -Ethyl-, -Propyl- und -Butyl- und tert.-Butylstyrol und -alpha-methylstyrol.

- 15 Ein Beispiel einer geeigneten Vinylverbindung bzw. eines funktionalisierten Olefins ist Vinylcyclohexandiol.

- 20 Beispiele geeigneter Vinylether sind Methyl-, Ethyl-, Propyl-, Butyl- und Pentylvinylether, Allylmonopropoxylat sowie Trimethylolpropan-mono-, -di- und -trialylether.

Beispiele geeigneter Vinylester sind Vinylacetat und -propionat sowie die Vinylester der Versätsäure und anderer quartärer Säuren.

- 25 Beispiele geeigneter Vinylamide sind N-Methyl-, N,N-Dimethyl-, N-Ethyl-, N-Propyl-, N-Butyl-, N-Amyl-, N-Cyclopentyl- und N-Cyclohexylvinylamid sowie N-Vinylpyrrolidon und -epsilon-caprolactam.

Beispiele geeigneter Vinylhalogenide sind Vinylfluorid und -chlorid.

30

Beispiele geeigneter Vinylidenhalogenide sind Vinylidenfluorid und -chlorid.

Beispiele geeigneter Allylether sind Methyl-, Ethyl-, Propyl-, Butyl-,  
5 Pentyl-, Phenyl- und Glycidylmonoallylether.

Beispiele geeigneter Allylester sind Allylacetat und -propionat.

Beispiele geeigneter Ester der Acrylsäure und Methacrylsäure sind  
10 Methyl-, Ethyl-, Propyl-, n-Butyl-, Isobutyl-, n-Pentyl-, n-Hexyl-, 2-Ethyl-  
hexyl-, Isodecyl-, Decyl-, Cyclohexyl-, t-Butylcyclohexyl-, Norbonyl-,  
Isobornyl-, 2- und 3-Hydroxypropyl-, 4-Hydroxybutyl-,  
Trimethylolpropanmono-, Pentaerythritmono- und Glycidyl(meth)-  
acrylat. Ausserdem kommen noch die Di-, Tri- und Tetra(meth)acrylate  
15 von Ethylenglykol, Di-, Tri- und Tetraethylenglykol, Propylenglykol,  
Dipropylenglykol, Butylenglykol, Dibutylenglykol, Glycerin,  
Trimethylolpropan und Pentaerythrit in Betracht. Allerdings werden sie  
nicht allein, sondern immer in untergeordneten Mengen gemeinsam mit  
den monofunktionellen Monomeren verwendet.

20

Beispiele geeigneter Amide der Acrylsäure Methacrylsäure sind  
(Meth)Acrylsäureamid sowie (Meth)Acrylsäure-N-methyl-, -N,N-dimethyl-,  
-N-ethyl-, -N-propyl-, -N-butyl-, -N-amyl-, -N-cyclopentyl- und -N-  
cyclohexylamid.

25

Beispiele geeigneter Nitrile sind Acrylnitril und Methacrylnitril.

Beispiele geeigneter Ester, Amide, Imide und Anhydride der  
Maleinsäure, Fumarsäure und Itaconsäure sind Maleinsäure-,  
30 Fumarsäure- und Itaconsäuredimethyl-, -diethyl-, -dipropyl- und -  
dibutylester, Maleinsäure-, Fumarsäure- und Itaconsäurediamid,

Maleinsäure-, Fumarsäure- und Itaconsäure-N,N'-dimethyl-, -N,N,N',N'-tetramethyl-, -N,N'-diethyl-, -N,N'-dipropyl-, -N,N'-dibutyl-, -N,N'-diamyl-, -N,N'-dicyclopentyl- und -N,N'-dicyclohexylamid, Maleinsäure-, Fumarsäure- und Itaconsäureamid und Maleinsäure-, Fumarsäure- und Itaconsäure-N-methyl-, -N-ethyl-, -N-propyl-, -N-butyl-, -N-amyl-, -N-cyclopentyl- und -N-cyclohexylimid sowie Maleinsäure-, Fumarsäure- und Itaconsäureanhydrid.

Die vorstehend beschriebenen Monomeren können radikalisch, kationisch oder anionisch polymerisiert werden. Vorteilhafterweise werden sie radikalisch polymerisiert. Hierzu können die üblichen und bekannten anorganischen Radikalstarter oder Initiatoren wie Wasserstoffperoxid oder Kaliumperoxodisulfat oder die üblichen und bekannten organischen Radikalstarter oder Initiatoren wie Dialkylperoxide, z. B. Di-tert.-Butylperoxid, Di-tert.-Amylperoxid und Dicumylperoxid; Hydroperoxide, z. B. Cumolhydroperoxid und tert.-Butylhydroperoxid; Perester, z. B. tert.-Butylperbenzoat, tert.-Butylperpivalat, tert.-Butylper-3,5,5-trimethylhexanoat und tert.-Butylper-2-ethylhexanoat; Bisazoverbindungen wie Azobisisobutyronitril; oder C-20 C-Starter wie 2,3-Dimethyl-2,3-diphenyl-butan oder -hexan verwendet werden. Es kommt indes auch Styrol in Betracht, das Polymerisation auch ohne Radikalstarter thermisch initiiert.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird mindestens eines der vorstehend beschriebenen Monomere über einen seitlichen Zulauf in den Einlassbereich des erfindungsgemäßen Taylorreaktors dosiert. Vorzugsweise werden mindestens einer der vorstehend beschriebenen Radikalstarter oder Initiatoren vorzugsweise zusammen mit mindestens einem Monomeren über einen weiteren seitlichen Zulauf zudosiert.

Das Monomer oder die Monomeren werden in dem Reaktionsvolumen zumindest teilweise unter den Bedingungen der Taylorströmung polymerisiert. Das resultierende flüssige Polymerisat wird aus dem ringspaltförmigen Reaktionsvolumen in den Auslassbereich und von da  
5 aus in den Produktablauf gefördert und über das Druckhalteventil ausgetragen.

Vorzugsweise sind bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in einem Teil des ring-  
10 spaltförmigen Reaktionsvolumens oder im ganzen ringspaltförmigen Reaktionsvolumen, insbesondere im ganzen ringspaltförmigen Reaktionsvolumen, die Bedingungen für die Taylorströmung erfüllt.

Die Temperatur des Reaktionsmediums kann bei dem  
15 erfindungsgemäßen Verfahren breit variieren und richtet sich insbesondere nach dem Monomeren mit der niedrigsten Zersetzungstemperatur, nach der Temperatur, bei der die Depolymerisation einsetzt, sowie nach der Reaktivität des oder der Monomeren und der Initiatoren. Vorzugsweise die Polymerisation bei  
20 Temperaturen von 100 bis 200, bevorzugt 130 bis 180 und insbesondere 150 bis 180 °C durchgeführt.

Die Polymerisation kann unter Druck durchgeführt werden. Vorzugsweise liegt der Druck bei 1 bis 100, bevorzugt 1 bis 25 und insbesondere 1 bis  
25 15 bar.

Die Durchlaufzeit kann breit variieren und richtet sich insbesondere nach der Reaktivität der Monomeren und der Größe, insbesondere der Länge, des erfindungsgemäßen Taylorreaktors. Vorzugsweise liegt die  
30 Durchlaufzeit bei 15 Minuten bis 2 Stunden, insbesondere 20 Minuten bis 1 Stunde.

Es ist ein ganz besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Taylorreaktors und des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass der Umsatz der Monomeren  $>70$  Mol% ist. Überraschenderweise können  
5 Umsätze  $>80$ , bevorzugt  $>90$ , besonders bevorzugt  $>95$ , ganz besonders bevorzugt  $>98$  und insbesondere  $>98,5$  Mol% problemlos erzielt werden. Dabei kann sich, wie dies bei der Polymerisation in Masse üblich ist, die kinematische Viskosität  $\nu$  mindestens verzehnfachen, insbesondere mindestens verhundertfachen.

10 Das Molekulargewicht der mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Polymerisate kann breit variieren und ist im wesentlichen nur durch die maximale kinematische Viskosität  $\nu$  bei der der erfindungsgemäße Taylorreaktor die Bedingungen der Taylorströmung  
15 aufrechterhalten kann, begrenzt. Vorzugsweise liegen die zahlenmittleren Molekulargewichte der in erfindungsgemäßer Verfahrensweise hergestellten Polymerisate bei 800 bis 50.000, bevorzugt 1.000 bis 25.000 und insbesondere 1.000 bis 10.000 Dalton. Vorzugsweise ist die Uneinheitlichkeit des Molekulargewichts  $<10$ ,  
20 insbesondere  $<8$ .

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

25 Fig. 1 - schematisch - ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Taylorreaktors gemäß der ersten Alternative der Erfindung im Längsschnitt;

30 Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Taylorreaktors gemäß der ersten Alternative der Erfindung in einer Fig. 1 entsprechenden Darstellung;

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Taylorreaktors gemäß der zweiten Alternative der Erfindung in einer Fig. 1 entsprechenden Ansicht;

5

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Taylorreaktors, bei dem beide Alternativen der Erfindung verwirklicht sind, in einer Fig. 1 und 2 entsprechenden Ansicht.

10 Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Taylorreaktors gemäß der dritten Alternative der Erfindung in einer Fig. 1 entsprechenden Ansicht sowie

Fig. 6 einen Schnitt entlang Schnittlinie VI – VI in Fig. 5

15

Der in Fig. 1 als Ganzes mit 100 bezeichnete Taylorreaktor umfasst ein Reaktorgehäuse 103, dessen gemäß der Darstellung in Fig. 1, die der normalen Betriebsstellung des Taylorreaktors 100 entspricht, unterer Bereich als Einsatzbereich 108 ausgebildet ist. In diesen münden zwei  
20 seitlich einander gegenüberliegende Einlässe 108.1, durch die Edukte und/oder Prozessstoffe dem Reaktionsvolumen 102 zugeführt werden können, das zwischen der äußeren Umfangsfläche 104.3 eines zylinderförmigen Rotors 104 und der inneren Umfangsfläche 103.1 des Reaktorgehäuses 103 gebildet ist.

25

Der sich an den Einlassbereich 108 anschließende Teil 103.2 des Reaktorgehäuses 103 ist bis zur Stelle 103.3 sich nach oben hin konisch erweiternd ausgestaltet, so dass der Querschnitt des Reaktionsvolumens 102 in dem Teil 103.2 ansteigt. An die Stelle 103.3 schließt sich nach  
30 oben ein zylindrischer Teil 103.4 des Reaktorgehäuses 103 an, der sich bis über die obere Stirnseite 104.2 des Rotors 104 hinaus erstreckt. An



dem zylindrischen Teil 103.4 schließt sich ein trichterförmig zulaufender Auslassbereich 109 an, der in einen Auslass 110 mündet, der dem Austrag der Reaktionsprodukte dient. Dem Auslass 110 ist ein Druckhalteventil 111 nachgeschaltet, mit dem die Reaktionsmedien im Reaktionsvolumen unter einem vorbestimmbaren Druck gehalten werden können.

Der Rotor 104 ist an der in Fig. 1 unten dargestellten, einlassseitigen Stirnwandung 105 um eine Achse A rotierbar gelagert. Zur Einleitung eines die Rotation bewirkenden Drehmoments in den Rotor 104 dient eine durch die Stirnwandung 105 hindurchgeleitete Antriebswelle 107, die mit einem in der Zeichnung nicht dargestellten Drehantrieb - beispielsweise einem Elektromotor - verbunden ist. Der Abdichtung des Reaktionsvolumens 102 im Bereich des Durchtritts der Antriebswelle 107 durch die Stirnwandung 105 dient eine Gleitringdichtung 106, die zwischen den in der Zeichnung unten dargestellten Ende 104.1 des Rotors 104 und der Stirnwandung 105 angeordnet ist.

Zwecks Vormischung der dem Reaktionsvolumen zugeführten Edukte und/oder Prozessstoffe können ein oder mehrere Einlässe mit Mischvorrichtungen 112 ausgestattet sein.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, bewirkt die Gestaltung des Reaktorgehäuses 103 und des Rotors 104, dass der Querschnitt des Reaktionsvolumens vom Einlass zum Auslass gesehen in dem Reaktorgehäuseteil 103.2 zunächst ansteigt, der Anstieg ab der Stelle 103.3 jedoch - in dem dargestellten Ausführungsbeispiel auf den Wert 0 - zum Auslass in dem zylindrischen Gehäuseteil 103.4 abnimmt.

Das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel stimmt in seiner technischen Ausgestaltung in weiten Teilen mit denjenigen gemäß Fig. 1

überein. Um Wiederholungen zu vermeiden, sollen im folgenden lediglich die Unterschiede erläutert werden. Dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 1 entsprechende Bauteile sind mit um 100 erhöhte Bezugsziffern versehen.

5 Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Reaktorgehäuse 203 bis zum Auslassbereich 209 sich konisch erweiternd ausgebildet. Um die erfindungsgemäße Abnahme des Anstiegs des Querschnitts des Reaktionsvolumens des Auslasses zu  
10 bewirken, weist der in seinem gemäß Fig. 2 unteren Bereich zylindrisch ausgebildete Rotor 204 eine Stelle 204.3 auf, ab der er in einen sich zum Auslassbereich 209 konisch erweiternden Bereich 204.4 übergeht. Die Konizität entspricht derjenigen des Reaktorgehäuses 203, so dass der Querschnitt des Reaktionsvolumens ab der Stelle 204 bis zum oberen  
15 Ende des Rotors konstant bleibt.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten, als Ganzes mit 301 bezeichneten Taylorreaktor, der ein Ausführungsbeispiel gemäß der zweiten Alternative der Erfindung ist, sei wiederum nur auf die Unterschiede zu  
20 dem Taylorreaktor gemäß Fig. 1 eingegangen. Es sei erneut auf die Beschreibung zu Fig. 1 hingewiesen, wobei die entsprechende Bauteile in Fig. 3 mit um 200 erhöhten Bezugszeichen versehen sind.

Das Reaktorgehäuse 303 des Taylorreaktors 301 ist vom Einlassbereich  
25 308 bis zum Auslassbereich 309 sich konisch erweiternd ausgebildet. Der Rotor 304 weist eine zylindrische Gestalt auf, die an der Stelle 304.3 in einen Kegel 313 übergeht. Der Kegelwinkel  $\alpha$  ist so gewählt, dass die Kegelfläche 314 parallel zu der den Auslassbereich 309 begrenzenden Wandung 303.4 des Reaktorgehäuses 303 verläuft. Auf diese Weise wird  
30 erzielt, dass das Reaktionsvolumen zumindest im wesentlichen totvolumenfrei in den Auslass 310 mündet. Hierdurch wird wirksam

vermieden, dass sich oberhalb des Rotors 304 Teile des Reaktionsmediums ablagern, was zu einer unerwünschten, weiteren Polymerisierung durch Verlängerung der Verweildauer im Reaktor führen würde.

5

Fig. 4 zeigt ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Taylorreaktors, bei dem beide Alternativen der Erfindung verwirklicht sind. Der nun mit 401 bezeichnete Taylorreaktor umfasst ein Reaktorgehäuse 403, das demjenigen in Fig. 1 dargestellten entspricht. Der Rotor 404 ist - wie auch derjenige in Fig. 3 - an seinem

10

oberen Ende mit einem Kegel 413 versehen.

Bei dieser besonders bevorzugten Ausführungsform werden somit einerseits Kurzschlussströme in dem Reaktionsvolumen 402, als auch

15

die Ausbildung von Toträumen im Auslassbereich 409 vermieden.

20

25

30

## Ansprüche:

5

1. Taylorreaktor (101, 201, 301, 401),  
mit einem Reaktorgehäuse (103, 203, 303, 403),  
mit einem in dem von dem Reaktorgehäuse (103, 203, 303, 403)  
10 umschlossenen Volumen angeordneten, um eine Achse  
rotierbaren Rotor (104, 204, 304, 404),  
mit einem zwischen der inneren Umfangsfläche des  
Reaktorgehäuses (103, 203, 303, 403) und der  
Aussenumfangsfläche (104.3, 204.3, 304.3, 404.3) des Rotors  
15 (104, 204, 304, 404) gebildeten Reaktionsvolumen (102, 202, 302,  
402),  
mit mindestens einem Einlass (108.1, 208.1, 308.1, 408.1) für die  
Edukte und/oder Prozessstoffe, und mit mindestens einem  
Auslass (110, 210, 310, 410) für die Reaktionsprodukte, der in  
20 Richtung der Achse (A) von dem Einlass (108.1, 208.1, 308.1,  
408.1) beabstandet angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass das Reaktorgehäuse (103, 203, 303, 403) und/oder der  
Rotor (104, 204, 304, 404) derart ausgestattet sind, dass der  
Querschnitt des Reaktionsvolumens (102, 202, 302, 402) von dem  
25 Einlass (108.1, 208.1, 308.1, 408.1) zum Auslass (110, 210, 310,  
410) zunächst ansteigt, der Querschnittsanstieg zumindest über  
einen Teil der Länge des Rotors (104, 204, 304, 404) nicht  
zunimmt.

2. Taylorreaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotor (104, 204, 304, 404) konzentrisch in dem Reaktorgehäuse (103, 203, 303, 403) angeordnet ist.
- 5 3. Taylorreaktor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Reaktionsvolumen (102, 202, 302, 402) ringspaltförmig ausgebildet ist.
- 10 4. Taylorreaktor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Reaktionsvolumen (102, 202, 302, 402) einen kreisförmigen Umfang hat.
- 15 5. Taylorreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abnahme des Anstiegs des Querschnitts des Reaktionsvolumens (102, 202, 302, 402) kontinuierlich erfolgt.
- 20 6. Taylorreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abnahme des Anstiegs des Querschnitts des Reaktionsvolumens (102, 202, 302, 402) diskontinuierlich erfolgt.
- 25 7. Taylorreaktor nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Reaktorgehäuse (103, 203, 303, 403) und/oder der Rotor (104, 204, 304, 404) in Richtung der Achse (A) zumindest zwei Abschnitte aufweisen, deren innere Umfangsfläche und/oder äußere Umfangsfläche zur Achse (A) verschiedene Winkel bilden.
- 30 8. Taylorreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis des Radius des Reaktorgehäuses ( $r_a$ ) zum Radius des Rotors ( $r_i$ ) zumindest für

einen Teil der Länge des Reaktionsvolumens (102, 202, 302, 402)  $< 1,4$  ist.

- 5 9. Taylorreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotor (104, 204, 304, 404) zylinderförmig ist.
- 10 10. Taylorreaktor, mit einem Reaktorgehäuse (103, 203, 303, 403), mit einem in dem von dem Reaktorgehäuse (103, 203, 303, 403) umschlossenen Volumen um eine Achse (A) rotierbar angeordneten Rotor (104, 204, 304, 404), mit einem zwischen der inneren Umfangsfläche (103.1, 203.1, 303.1, 403.1) des Reaktorgehäuses (103, 203, 303, 403) und der äußeren Umfangsfläche (104.3, 204.3, 304.3, 404.3) des Rotors (104, 204, 304, 404) gebildeten Reaktionsvolumen (102, 202, 302, 402), mit 15 mindestens einem Einlass (108.1, 208.1, 308.1, 408.1) für die Edukte und/oder Prozessstoffe, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein in einen Auslass (110, 210, 310, 410) mündender Auslassbereich (109, 209, 309, 409) vorgesehen ist, der sich in dem Reaktorgehäuse 20 (103, 203, 303, 403) an einem stirnseitigen Ende des Rotors (104, 204, 304, 404) an das Reaktionsvolumen (102, 202, 302, 402) anschließt und zu einem Auslass (110, 210, 310, 410) verengt, und dass das stirnseitige Ende des Rotors (104, 204, 304, 404) 25 derart ausgebildet ist, dass das Reaktionsvolumen (102, 202, 302, 402) zumindest im wesentlichen totvolumenfrei in den Auslass (110, 210, 310, 410) mündet.
- 30 11. Taylorreaktor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das stirnseitige Ende des Rotors (104, 204, 304, 404) derart ausgebildet ist, dass in Richtung der Achse (A) der Querschnitt

des Auslassbereichs (109, 209, 309, 409) zumindest im wesentlichen konstant ist.

- 5 12. Taylorreaktor nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktorgehäuse (1093, 203, 303, 403) derart ausgestaltet ist, dass der Auslassbereich (109, 209, 309, 409) trichterförmig und das stirnseitige Ende des Rotors (104, 204, 304, 404) kegelförmig ausgebildet sind.
- 10 13. Taylorreaktor,  
mit einem Reaktorgehäuse (503),  
mit einem in dem von dem Reaktorgehäuse (503) umschlossenen  
Volumen um eine Achse (A) rotierbar angeordneten Rotor (504),  
mit einem zwischen der inneren Umfangsfläche (503.1) des  
15 Reaktorgehäuses (503) und der äußeren Umfangsfläche (504.3)  
des Rotors (504) gebildeten Reaktionsvolumen (502), mit  
mindestens einem Einlass (508.1) für die Edukte und/oder  
Prozessstoffe und mit mindestens einem Auslass (510) für die  
Reaktionsprodukte, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis  
20 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Auslass (510) radial  
beabstandet von der Achse (A) in das Reaktionsvolumen (502)  
mündet.
- 25 14. Taylorreaktor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass  
der Auslass (510) quer, vorzugsweise senkrecht zur Achse (A) in  
das Reaktionsvolumen (502) mündet.
- 30 15. Taylorreaktor nach Anspruch 13 oder 14, dadurch  
gekennzeichnet, dass der dem Auslass (510) benachbarte Bereich  
(B) des Rotors (504) Mittel zur Erzeugung einer Kreisströmung um  
die Achse (A) umfasst.

16. Taylorreaktor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der dem Auslass (510) benachbarte Bereich (B) des Rotors (504) nach der Art eines Kreiselpumpenrotors ausgebildet ist.

5

17. Verfahren zur Umwandlung von Stoffen, bei dem die kinematische Viskosität  $\nu$  des Reaktionsmediums sich in Durchflussrichtung des Reaktors erhöht, **dadurch gekennzeichnet**, dass hierfür ein Taylorreaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 16 verwendet wird.

10

18. Verwendung eines Verfahrens nach Anspruch 17 für die Herstellung von Polymerisaten, Copolymerisaten, Blockpolymerisaten, Ppropfmischpolymerisaten, Polykondensations- und Polyadditionsprodukten, Kern-Schale-Latices, Polymerdispersionen, von Produkten durch polymeranaloge Reaktion, wie Veresterung, Anilierung oder Urethanisierung von Polymeren, welche Seitengruppen enthalten, die für solche Reaktionen geeignet sind, von olefinisch ungesättigten, mit Elektronenstrahlen oder ultraviolettem Licht härtbaren Materialien oder von Mesosphasen.

15

20

19. Verwendung der nach dem Verfahren gemäß Anspruch 17 hergestellten Stoffe als Komponenten von Formteilen, Folien, Beschichtungsstoffen, insbesondere Lacken, Klebstoffen und Dichtungsmassen.

25

30



**Zusammenfassung**

5

Bei dem Taylorreaktor sind gemäß einer ersten Alternative der Erfindung das Reaktorgehäuse und/oder der Rotor derart ausgestaltet, dass der Querschnitt des Reaktionsvolumens vom Einlass zum Auslass zumindest  
10 zunächst ansteigt, der Anstieg in Richtung des Auslasses zumindest über einen Teil der Länge des Rotors abnimmt. Gemäß einer zweiten Alternative der Erfindung, die auch zusätzlich zu der ersten Anwendung finden kann, ist das stirnseitige Ende des Rotors derart ausgebildet, dass das Reaktionsvolumen zumindest im wesentlichen totvolumenfrei in den  
15 Auslass mündet (Fig. 4).



~~~~~



Fig. 3

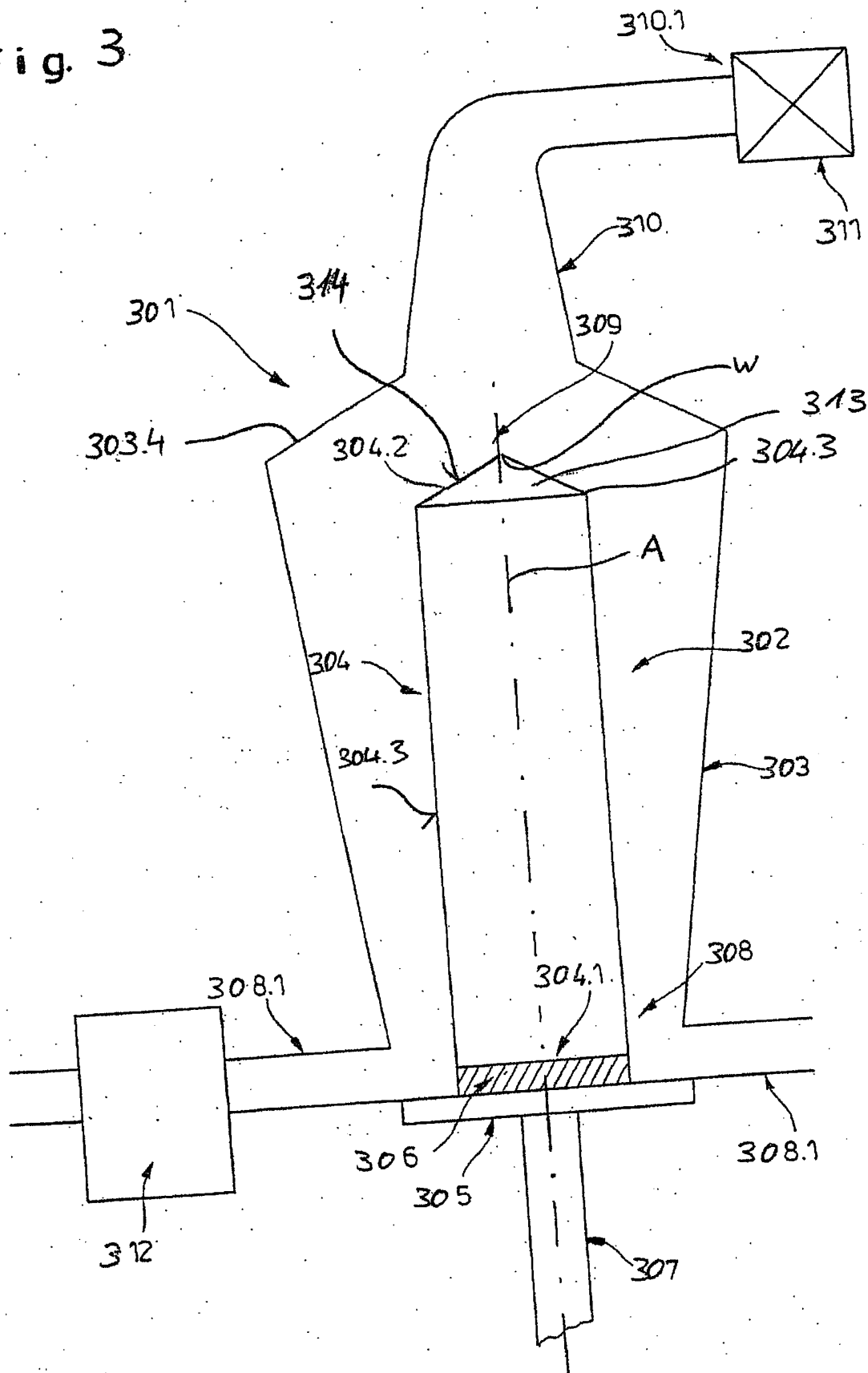


Fig. 4

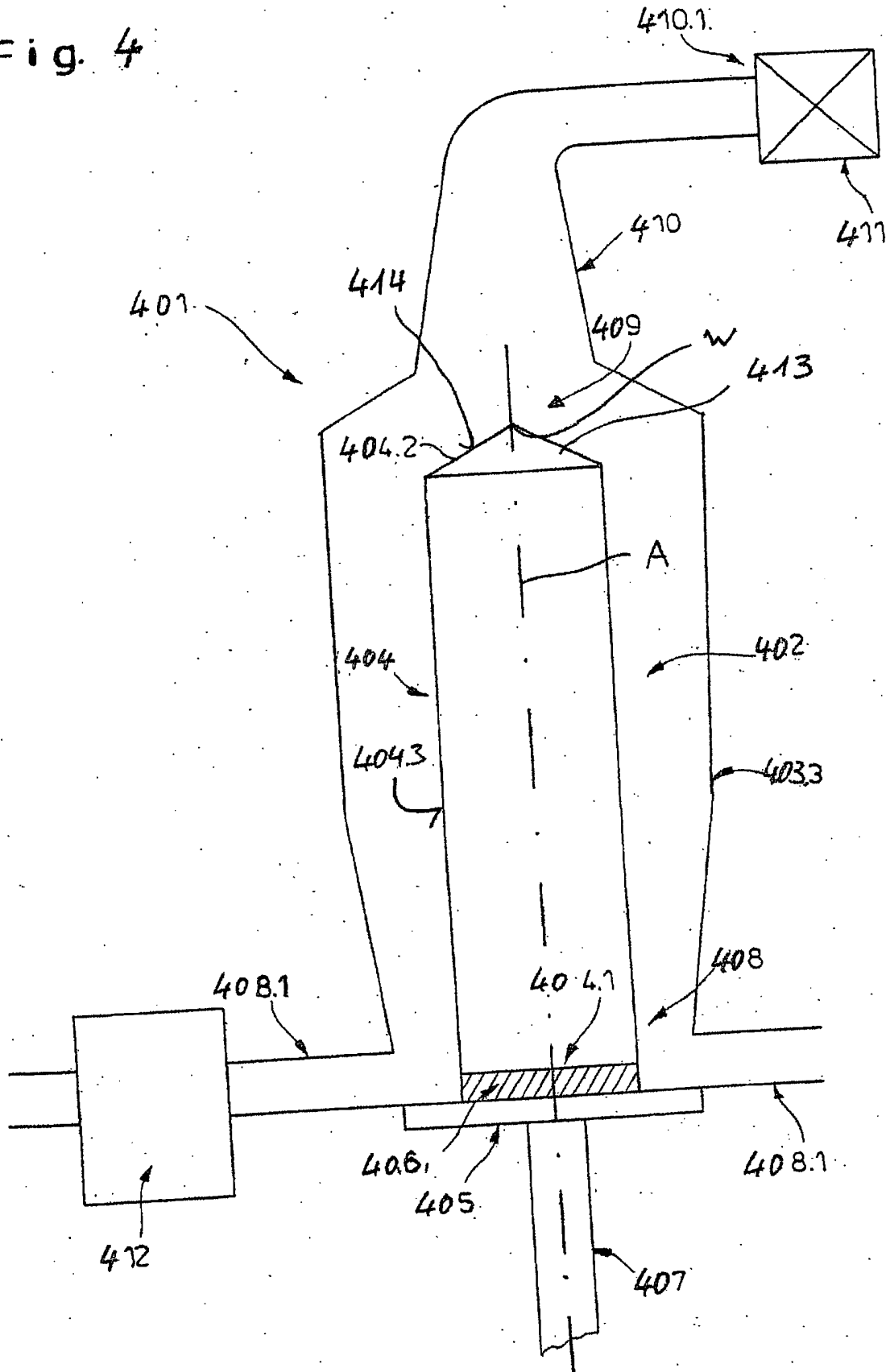


Fig. 5

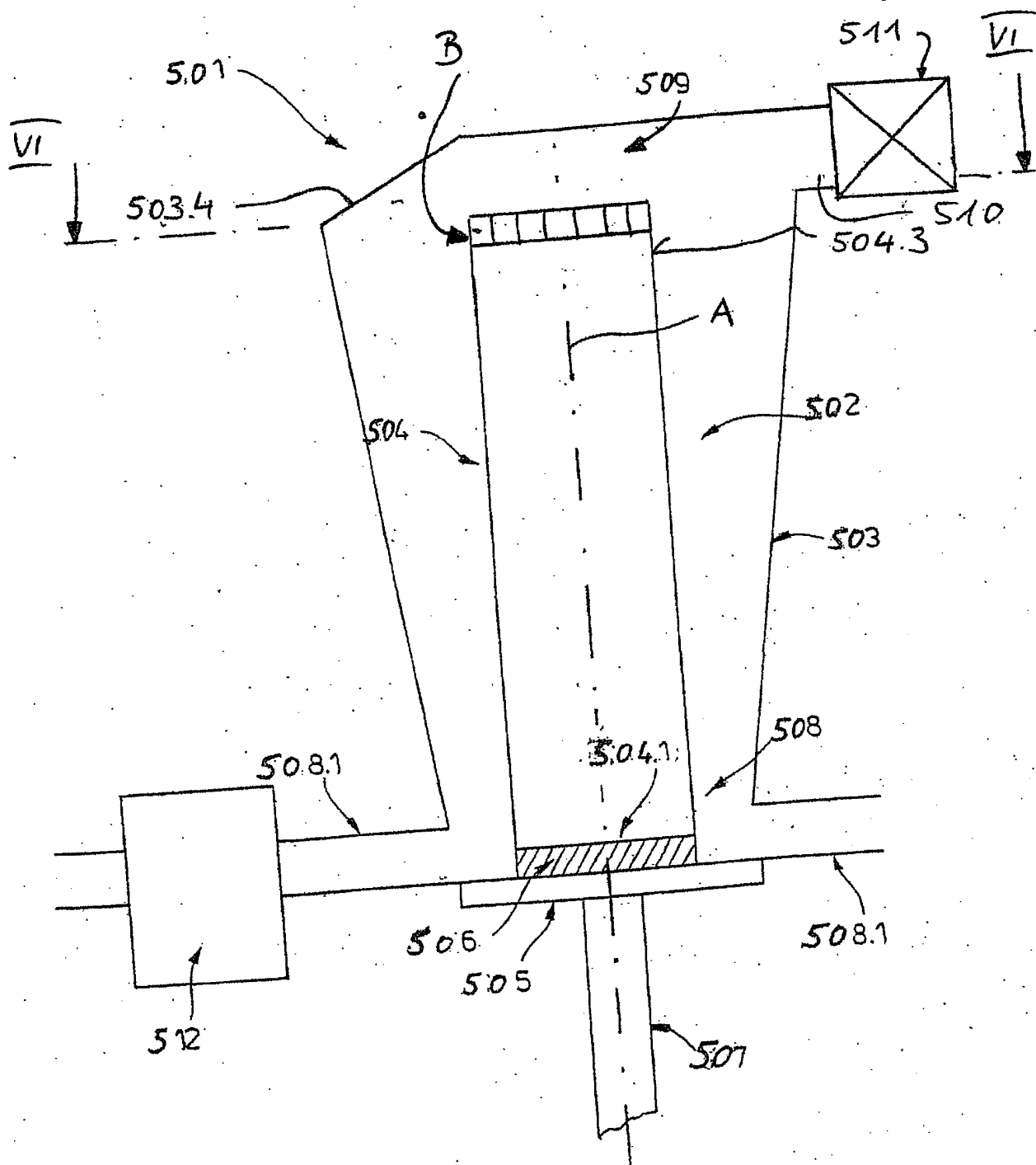
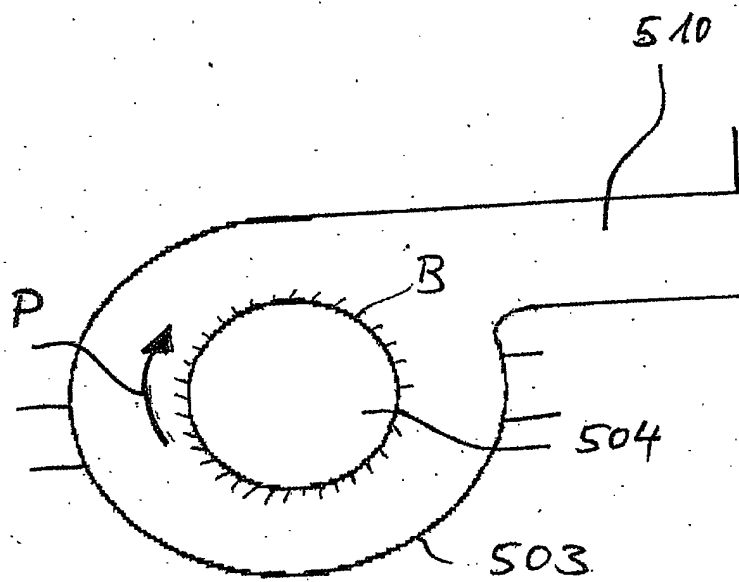


Fig. 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**